

PEMETAAN PADANG GOLF DENGAN MENGGUNAKAN TEKNIK KINEMATIK GPS (ON-THE-FLY)

Abd. Majid A.Kadir, PhD
Mohan Subramaniam

Jabatan Kejuruteraan Geomatik
Fakulti Kejuruteraan & Sains Geoinformasi
Universiti Teknologi Malaysia
e-mail:- majid@fksq.utm.my

Abstrak

Kertas kerja ini melapurkan satu kajian yang bertujuan meneliti dan menganalisa kaedah kinematik GPS dengan pelerai ambiguiti *On-The-Fly* (Ambiguity Resolution On-The-Fly [AROF]), samada boleh diterima pakai dalam penghasilan model rupabentuk bumi tiga dimensi untuk tujuan kerja ukur topografi. Di dalam kajian ini, analisa telah dilakukan terhadap kontur yang dihasilkan menggunakan data kaedah AROF dan data kaedah konvensional (total station). Selain daripada itu, analisa mengenai keberkesanan kaedah kinematik AROF berbanding kaedah konvensional juga telah diteliti. Berdasarkan hasil yang diperolehi, didapati kaedah AROF dapat menghasilkan maklumat kontur yang lebih lengkap dan boleh diterimapakai untuk kerja-kerja kejuruteraan. Selain daripada itu, kaedah kinematik AROF juga memerlukan hanya lebih kurang tiga puluh peratus masa yang digunakan oleh kaedah konvensional.

1.0 PENGENALAN

Penentududukan kinematik merupakan satu teknik GPS yang agak popular. Kaedah penentududukan kinematik didapati hanya memerlukan tempoh cerapan dari satu hingga tiga minit sahaja untuk memperolehi kejutuan dalam lingkungan sentimeter. (Wells, et. al., 1987). Walau bagaimanapun, masalah utama dalam kaedah penentududukan kinematik ini adalah proses *re-initialization* iaitu satu proses ulangan untuk menyelesaikan perhitungan nilai awalan integer ambiguiti apabila berlakunya gelincir kitar. Sejajar dengan itu, peralatan dan perisian GPS yang baru telah diperkenalkan untuk mengurangkan masalah gelinciran kitar dalam kaedah penentududukan kinematik. Sebagai contoh alat *Leica System 300* dan perisian *SKT™* telah dapat mengatasi masalah gelincir kitar melalui kaedah pemrosesan data AROF yang telah diperkenalkan oleh penyelidik *Leica Ltd., Heerbrugg, Switzerland* (Frei, et. al, 1993).

Kajian yang dilapurkan di dalam kertas kerja ini boleh dianggap sebagai satu kajian yang cuba menjawab dua persoalan dalam penggunaan kaedah AROF dalam bidang ukur kejuruteraan di Malaysia : (i) memastikan samaada kaedah AROF ini sesuai dalam penghasilan model rupabentuk bumi ; (ii) Sejauh manakah keberkesanan kaedah AROF berbanding dengan kaedah konvensional. Untuk menjawab persoalan-persoalan di atas, satu ujian pengumpulan data di padang golf telah dilaksanakan dan keputusan hasil cerapan dianalisis dengan menggunakan perisian *MapInfo* untuk paparan tiga dimensi. Selain daripada itu perisian *Surfer V 5.02* juga telah digunakan untuk menghasilkan kontur.

2.0 TEKNIK KINEMATIK GPS

Kaedah pengukuran kinematik merupakan satu kaedah yang lazim digunakan untuk penentududukan masa-hakiki. Dalam kaedah ini, pncerapan jarak semu dan fasa pembawa boleh dilakukan ke atas

objek yang bergerak. Kelebihan kaedah ini adalah tempoh cerapannya yang singkat iaitu daripada satu hingga empat minit sahaja (Majid, 1996). Kejituan kaedah kinematik adalah rendah berbanding dengan kaedah statik. Oleh yang demikian, pengukuran kinematik relatif dilakukan untuk meningkatkan ketepatan.

Kaedah kinematik boleh dikategorikan kepada dua iaitu kinematik relatif dan pseudo kinematik relatif di mana kedua-dua kaedah ini memerlukan sekurang-kurangnya dua alat penerima. Salah satu alat penerima dipasang di stesen tetap (rujukan) dan satu lagi dibawa ke stesen-stesen lain (Majid, 1996).

Kaedah kinematik relatif memerlukan proses *initialization* untuk menentukan nilai awalan ambiguiti di mana sekurang-kurangnya empat satelit yang sama dicerap sepanjang tempoh cerapan. Walau bagaimanapun kaedah ini mudah dipengaruhi oleh gelinciran kitar di mana setiap kali berlakunya gelincir kitar, proses *re-initialization* harus dilakukan (Majid, 1996). Bagi kaedah pseudo kinematik pula, ikatan kepada minima empat satelit sepanjang pencerapan tidak diperlukan. Walau bagaimanapun setiap stesen cerapan harus diduduki dua kali atau lebih pada sela masa tertentu. Pada kebiasaannya kaedah ini jarang dipengaruhi oleh kesan gelinciran kitar (Majid, 1996). Kaedah kinematik adalah sesuai sekali digunakan dalam navigasi, penerbangan, penjejakan kenderaan, pelayaran dan lain-lain yang melibatkan penentuan kedudukan masa hakiki pada objek yang bergerak (Majid, 1996).

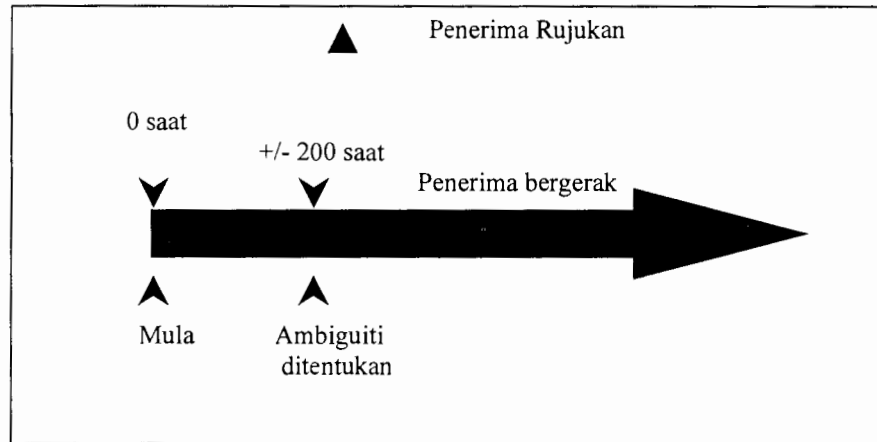
Teknik-teknik GPS yang sedia ada seperti *Rapid Static*, *Stop and Go* dan lain-lain lagi dipanggil sebagai *Classic Kinematic Method*. Dalam teknik-teknik ini penyelesaian ambiguiti hanya dapat dilakukan bila alat penerima tidak bergerak. Secara langsung, ini menyebabkan aplikasi teknik-teknik ini menjadi terhad. Dalam teknik-teknik yang dinyatakan di atas proses *re-initialization* terpaksa dilakukan semula apabila berlaku gelincir kitar.

2.1 Senario Peleraian Ambiguiti On-The-Fly (Arof)

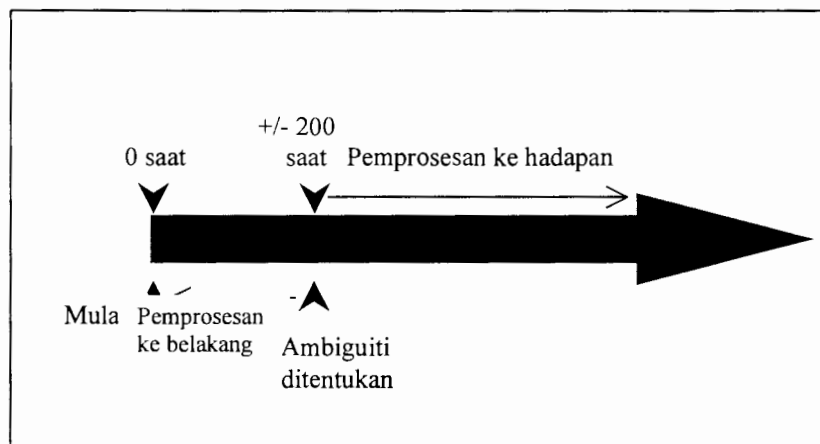
Pengukuran GPS seperti kaedah *static*, *rapid static*, *stop & go* dan lain-lain lagi merupakan beberapa kaedah yang popular. Dalam semua kaedah ini, penyelesaian nilai awalan ambiguiti hanya boleh diselesaikan jika alat penerima berada dalam keadaan pegun. Secara langsung perkara ini telah menyebabkan kaedah ini menjadi terhad kepada beberapa aplikasi tertentu, misalnya navigasi berkejituan tinggi.

Dalam kerja aplikasi penentuan kedudukan relatif, satu alat penerima akan dipasangkan pada satu titik yang diketahui kedudukan dan sebuah alat penerima bergerak (*rover*) diperlukan. Kedua-dua alat penerima ini akan merekod isyarat dari satelit dan sebagainya. Oleh kerana penyelesaian nilai awalan integer ambiguiti dilakukan dengan teknik *AROF* maka alat penerima kedua (*rover*) tidak memerlukan proses *initialization* (Frei, E., 1993).

Rajah 1 menunjukkan penyelesaian ambiguiti selepas 200 saat dapat dicapai jika pengukuran dilakukan dengan penerima dwi-frekuensi, tanpa gangguan isyarat satelit, terikat terhadap sekurang-kurangnya 5 satelit dan mempunyai *Geometry Dilution Of Precision (GDOP)* kurang daripada 8 (Frei, E. et.al., 1993). Penyelesaian yang dilakukan akan menghasilkan vektor koordinat x, y, z , parameter ambiguiti dan matriks varian-kovarian. Oleh kerana penyelesaian nilai awalan integer ambiguiti telah dilakukan maka koordinat yang berkejituan tinggi boleh diperolehi epok demi epok. Dalam perisian SK1 terdapat satu kaedah pemprosesan yang dinamakan *Back Substitution* yang mana perisian ini akan membekalkan nilai awalan integer ambiguiti 200 saat yang pertama bagi setiap epok secara automatik. Secara langsung ini menunjukkan pemprosesan manual tidak diperlukan (Rujuk rajah 2).



Rajah 1 : Senario AROF (Sumber : Frei,E. et.al., 1993)



Rajah 2 : Backward Substitution (Sumber : Frei,E. et.al., 1993)

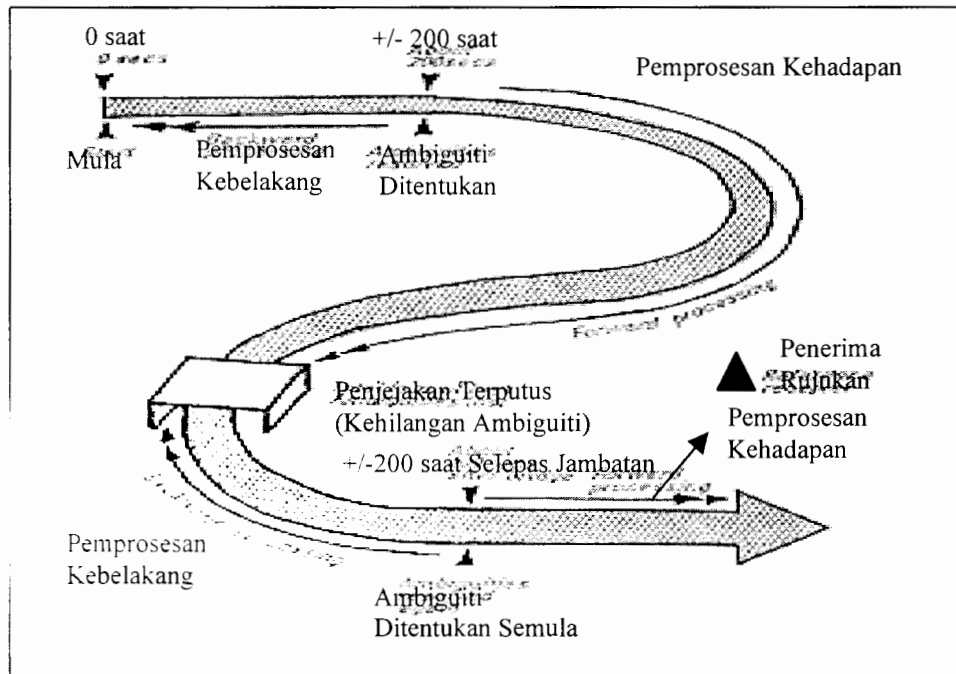
Selepas itu, integer ambiguiti bagi 200 saat itu digunakan dalam pemprosesan setiap kali berlakunya *loss of lock* (Rujuk rajah 3). Dengan adanya kemudahan *Back Substitution* dalam perisian *SKI* maka kedudukan sesuatu tempat secara kinematik dapat memberikan kedudukan yang berkejituan tinggi bagi setiap satu cerapan epok.

2.3 Konsep Penyelesaian Ambiguiti On-The-Fly (Arof)

Terdapat tiga perkara asas untuk menyelesaikan sesuatu ambiguiti, iaitu menghilangkan selisih-selisih utama dan bias pada cerapan melalui pembezaan, perubahan pada geometri satelit dan permodelan (Z. Abidin,1992). Matlamat utama *AROF* adalah menyelesaikan ambiguiti dengan tepat dan pantas. *AROF* diperlukan dalam aplikasi penentududukan kinematik yang memerlukan penentududukan berkejituan tinggi. Terdapat berbagai cara untuk peleraian ambiguiti *On-The-Fly* (Z. Abidin,1992). Teknik-teknik peleraian ini adalah seperti *Ambiguity Mapping Function*, *Extra-*

Widelaning, Least-Squares Ambiguity Searching, Kinematic GPS Without initialization, Munich Approach, Kalman Filter Approach, Attitude Determination Related Approach dan Integrated OTF.

Pada asasnya semua teknik-teknik ini, menggunakan satu prinsip yang sama seperti yang dijelaskan dalam Rajah 4 .



Rajah 3: Senario *Loss Of Lock* Dalam AROF (Sumber : Frei,E. et.al., 1993)

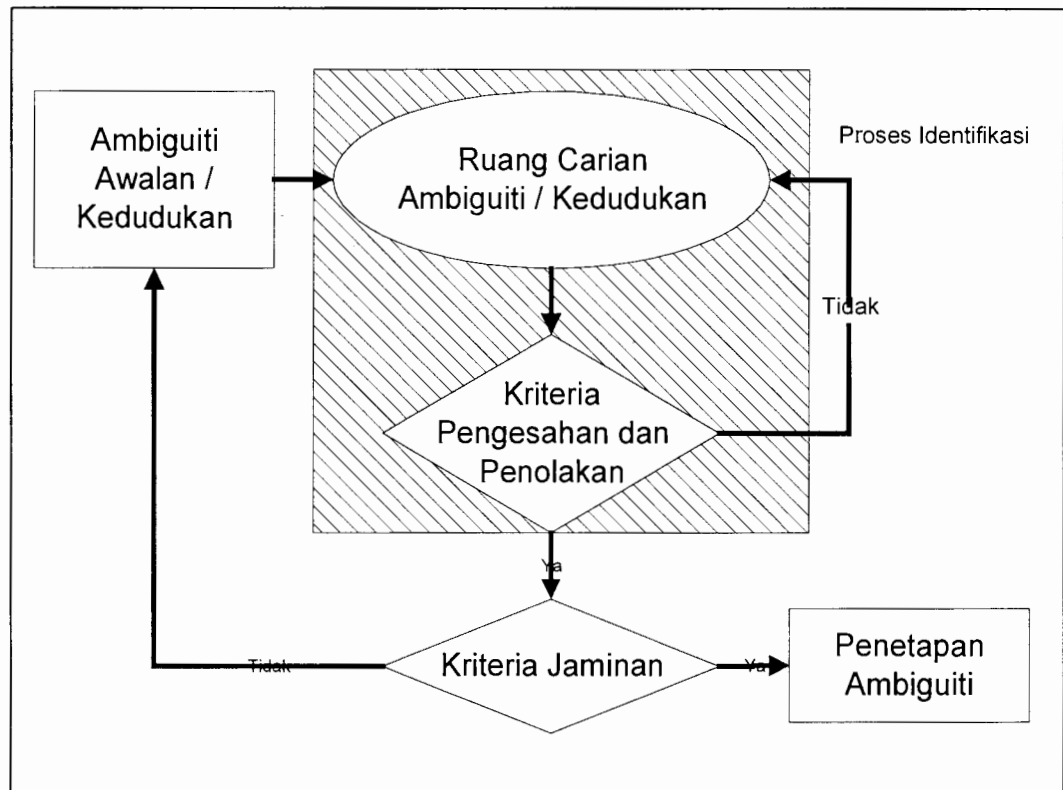
3.0 UJIAN PADANG

Dalam ujian padang ini, penulis telah membahagikan kerja pengumpulan data penentududukan kepada dua fasa. Tujuan membahagikan kepada dua fasa adalah kerana dua teknik penentududukan digunakan dalam kajian ini. Ianya adalah penentududukan kaedah AROF untuk pengumpulan data DTM dan penentududukan kaedah kinematik *Stop & Go* untuk pengumpulan data butiran. Cerapan GPS ini telah dilaksanakan dengan menggunakan alat penerima GPS *Leica AG System 300*.

Fasa I : Pengumpulan maklumat topografi padang golf dengan menggunakan kaedah AROF.

Fasa II : Pengumpulan maklumat butiran padang golf dengan menggunakan kaedah kinematik *Stop & Go*.

* Fasa II merupakan satu kerja sampingan untuk menunjukkan keadaan sebenar dan mencantikkan paparan tiga dimensi padang golf.



Rajah 4 : Strategi Am AROF (Sumber : Z.Abidin, 1992)

3.1 Ujian Padang Fasa I :

Dalam ujian padang Fasa I, kaedah AROF telah digunakan untuk mengumpul data DTM (rupa bentuk bumi) bagi padang golf *Pulai Spring*. Kaedah AROF ini tidak mempunyai satu cara tertentu di mana dalam kerja pengumpulan data DTM, satu alat penerima telah dipasangkan pada stesen rujukan yang telah diketahui koordinatnya. Satu lagi alat penerima pula dipasangkan pada bumbung kereta padang golf (*buggy*) seperti di bawah (Rujuk Gambar 1 dan 2).



Gambar 1 : Antena Dipasang Pada Buggy



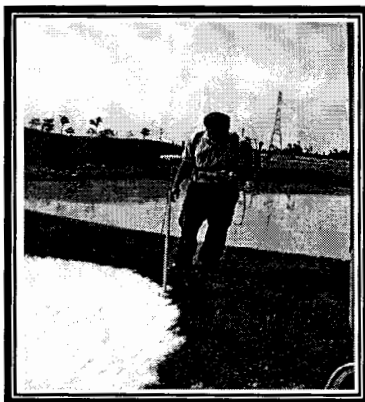
Gambar 2 : Pengumpulan Data DTM

Semasa menjalankan kerja pengumpulan data, pengguna tidak perlu bimbang terhadap masalah gelincir kitar kerana salah satu kebaikan kaedah ini adalah satu modul terdapat pada alat ini di mana ianya dapat menentukan nilai integer ambiguiti awalan secara sendiri tanpa keadaan pegun.

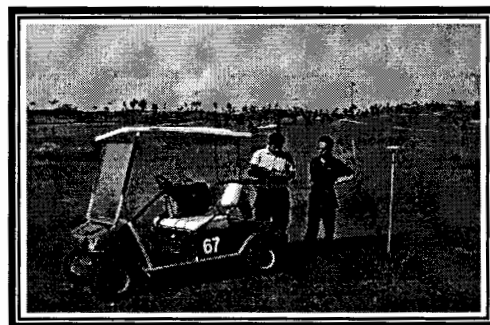
3.2 Ujian Padang Fasa II:

Dalam ujian padang fasa II, kaedah kinematik *Stop & Go* telah digunakan untuk mengumpul data butiran bagi padang golf *Pulai Spring*. Data butiran padang golf yang diperolehi adalah seperti laluan *buggy*, tasek, pokok dan sebagainya. Dalam kaedah ini satu alat penerima didirisiapkan pada stesen rujukan (*base*) yang mana kedudukannya diketahui, manakala satu lagi alat penerima pula dijadikan sebagai alat penerima bergerak (*rover*) iaitu untuk melawat ke butiran-butiran yang perlu diketahui kedudukan (Rujuk Gambar 3).

Satu perkara yang penting dalam kaedah ini adalah sebelum memulakan kerja, pengguna harus menjalankan proses *initialization*. Proses ini adalah untuk menentukan nilai integer ambiguiti awalan. Dalam teknik ini kita haruslah sentiasa menjejaki 4 satelit sepanjang kerja penentududukan dijalankan. Jika berlaku gelinciran kitar proses *re-initialization* harus dilakukan (Rujuk Gambar 4).



Gambar 3 : Pengumpulan Butiran

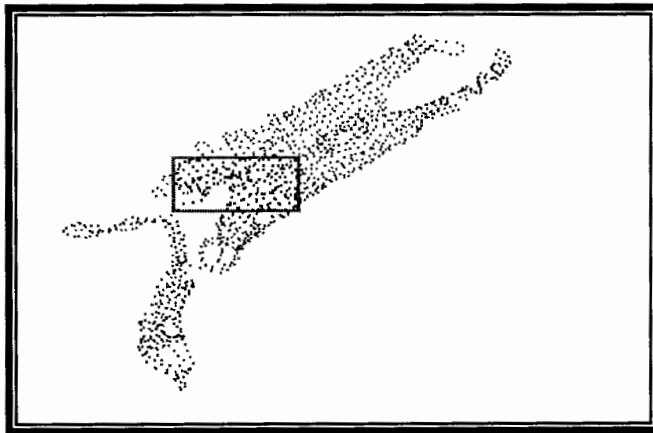


Gambar 4 : Proses *Re-initialization*

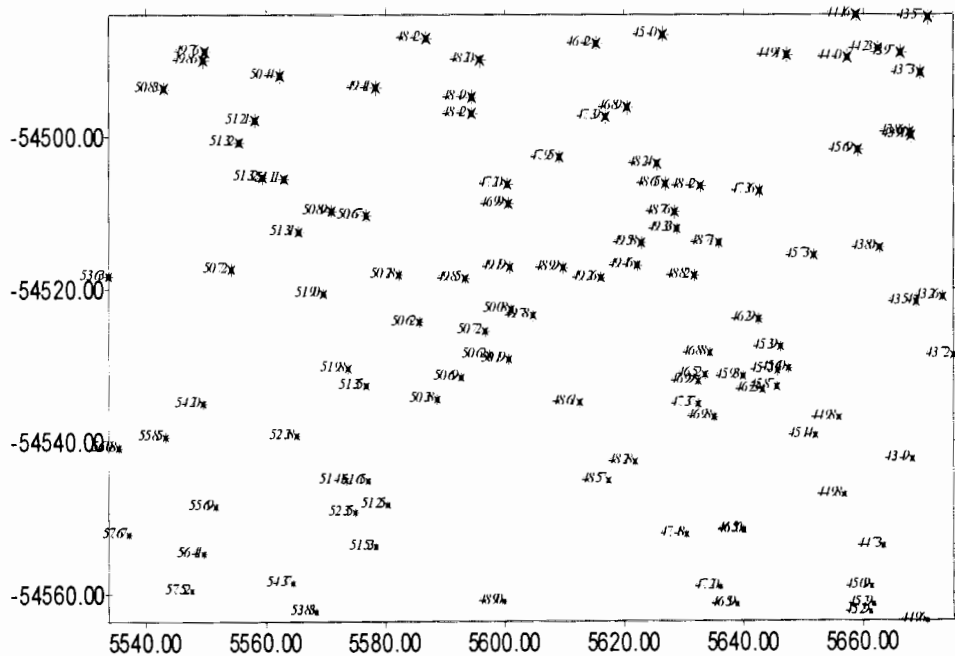
4.0 HASIL DAN ANALISA

Terdapat dua peringkat penganalisaan iaitu peringkat pertama merangkumi perbandingan di antara kontur yang dihasilkan menggunakan data *AROF* dan kontur yang dihasilkan menggunakan data kaedah konvensional (*total station*). Dalam peringkat pertama, beberapa perkara diteliti iaitu dari segi taburan data dan corak kontur yang dihasilkan dengan kedua-dua kaedah (Konvensional & GPS). Selain daripada itu, kepadatan kedua-dua kaedah ini juga diteliti supaya kajian ini dapat membuktikan bahawa kaedah *AROF* boleh diterima pakai untuk kerja-kerja kejuruteraan.

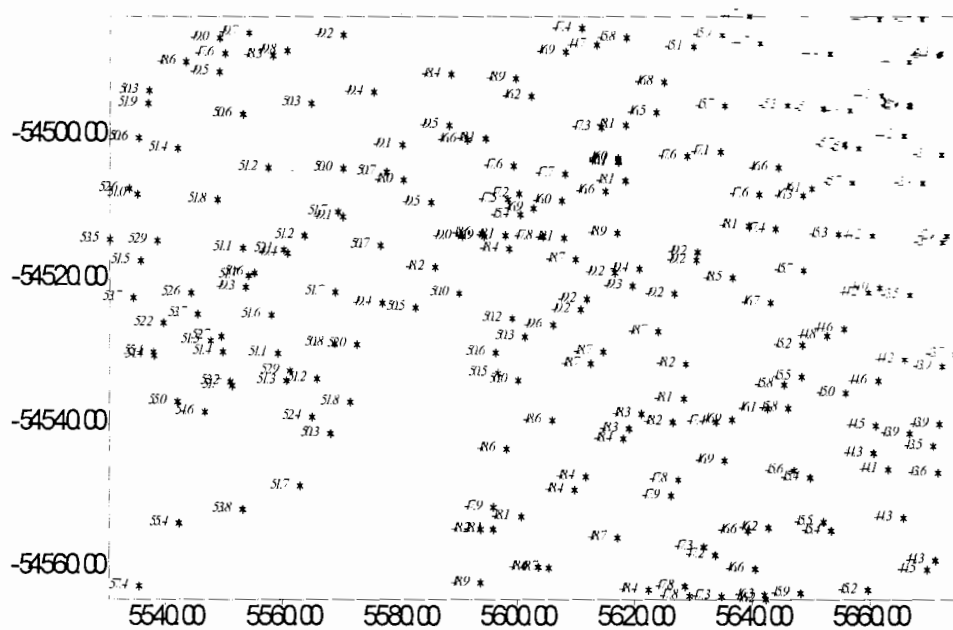
Peringkat kedua pula ialah menganalisa keberkesanan teknik *AROF* dari segi masa, kos dan tenaga buruh berbanding dengan kaedah konvensional (*total station*). Data kaedah konvensional diperolehi daripada pihak Syarikat Jurukur So Sun Sing.



Rajah 5 : Kawasan Pilihan Untuk Perbandingan Kontur



Rajah 6 : Taburan Data Konvensional (*total station*)



Rajah 7 : Taburan Data AROF

4.1 Perbandingan Kontur

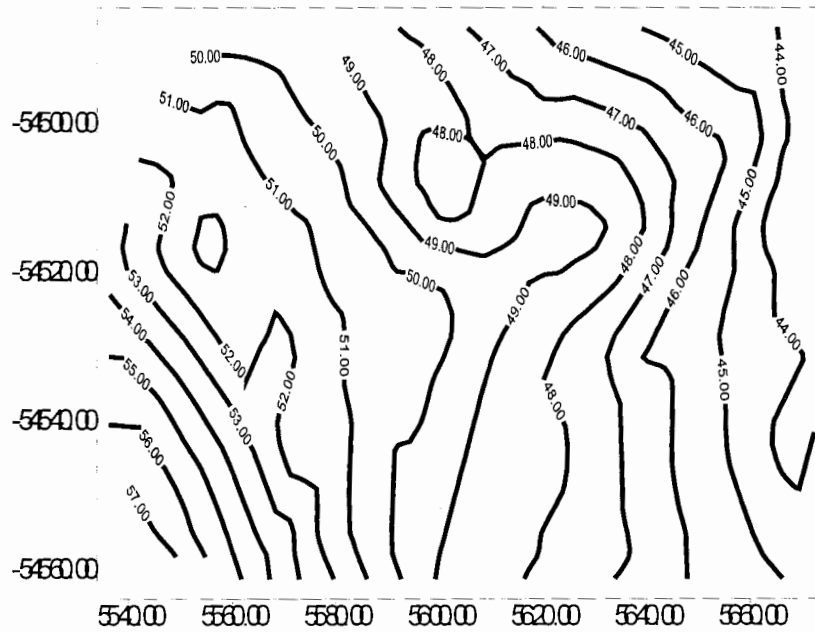
Untuk tujuan perbandingan taburan data di antara kontur yang dihasilkan menggunakan data GPS dan data konvensional, satu kawasan kecil daripada kawasan kajian keseluruhan telah dipilih (Rujuk Rajah 5).

Berdasarkan kepada taburan data yang diperolehi didapati taburan data kaedah **AROF** adalah lebih terperinci dan padat berbanding dengan taburan data kaedah konvensional (Rujuk rajah 6 dan 9).

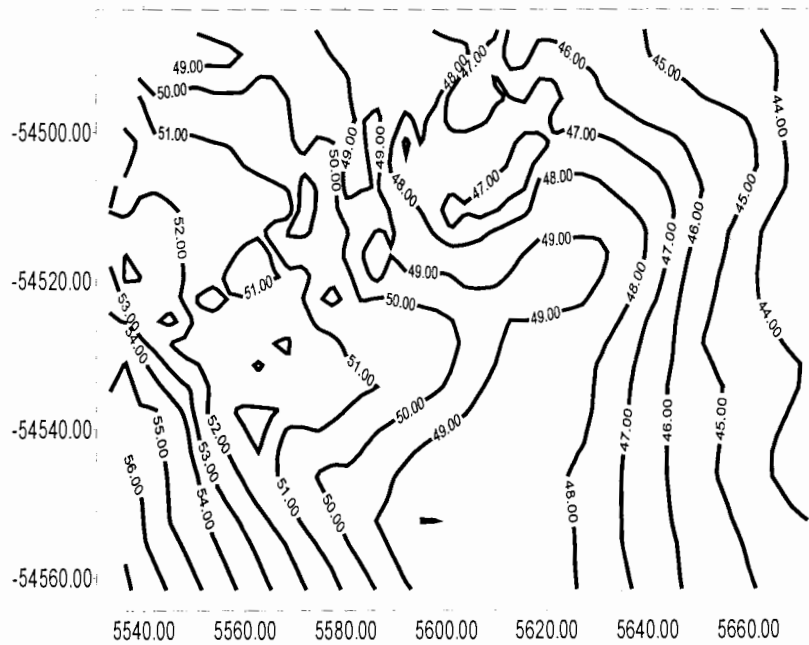
Kesan kepadatan taburan data dapat dilihat dengan jelas apabila kontur dihasilkan bagi titik-titik yang diperolehi (Rujuk rajah 8 dan 9).

Berdasarkan kepada taburan data dan kontur yang telah dihasilkan didapati kontur data **AROF** mempunyai maklumat yang lebih lengkap iaitu lebih menggambarkan keadaan sebenar dan ianya terperinci berbanding dengan kaedah konvensional. Ini adalah kerana data **AROF** dikumpul dengan menggunakan kenderaan (*buggy*). Oleh kerana untuk satu kawasan yang kecil perbezaan kepadatannya begitu ketara, maka bagi satu kawasan yang besar, pastinya perbezaan yang amat ketara dapat dilihat.

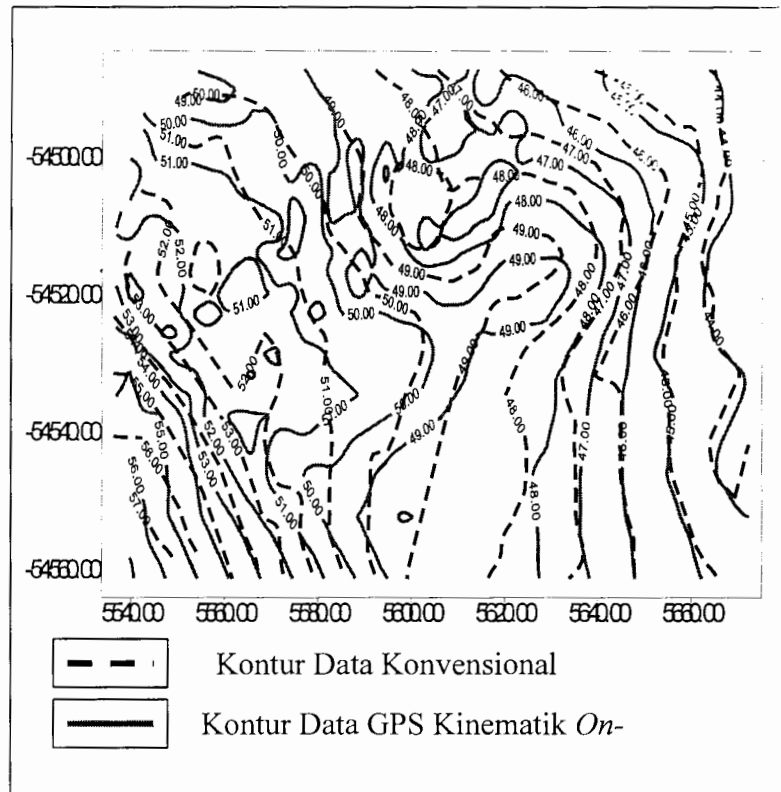
Selain daripada itu, corak (*trend*) kontur yang dihasilkan dengan data kaedah **AROF** adalah lebih kurang sama dengan kaedah konvensional (Rujuk rajah 10). Berdasarkan analisa ini, objektif kajian iaitu membuktikan kaedah **AROF** boleh diterima pakai dalam kerja-kerja kejuruteraan dapat dicapai.



Rajah 8: Kontur daripada Data Konvensional (*total station*)



Rajah 9 : Kontur daripada Data AROF



Rajah 10 : Perbezaan Corak Kontur Diantara Data Konvensional Dan GPS

4.2 Keberkesanan Teknik Arof

Keberkesanan teknik *AROF* ini boleh dibahagikan kepada dua faktor iaitu dari segi masa dan tenaga kerja. Berdasarkan kerja yang telah dilakukan di kawasan kajian, didapati hasilnya sungguh memuaskan.

Ini adalah kerana masa yang telah digunakan untuk melakukan kerja ini adalah singkat iaitu hanya satu hari (lapan jam) berbanding tiga hari (dua puluh empat jam) dengan kaedah konvensional. Selain daripada itu, tenaga kerja yang telah digunakan adalah kurang iaitu dua orang bagi penentuan GPS, manakala kaedah konvensional pula memerlukan empat orang (Rujuk jadual 1).

Kaedah	Masa	Tenaga Kerja
<i>AROF</i>	8 jam	2 orang
Konvensional	24 jam	4 orang

Jadual 1 : Perbandingan Masa dan Tenaga Kerja

Secara tidak langsung masa dan tenaga kerja akan mempengaruhi kos sesuatu kerja di mana dalam kajian ini kita dapat simpulkan bahawa, dengan penggunaan teknik *AROF*, kos kerja dapat dikurangkan.

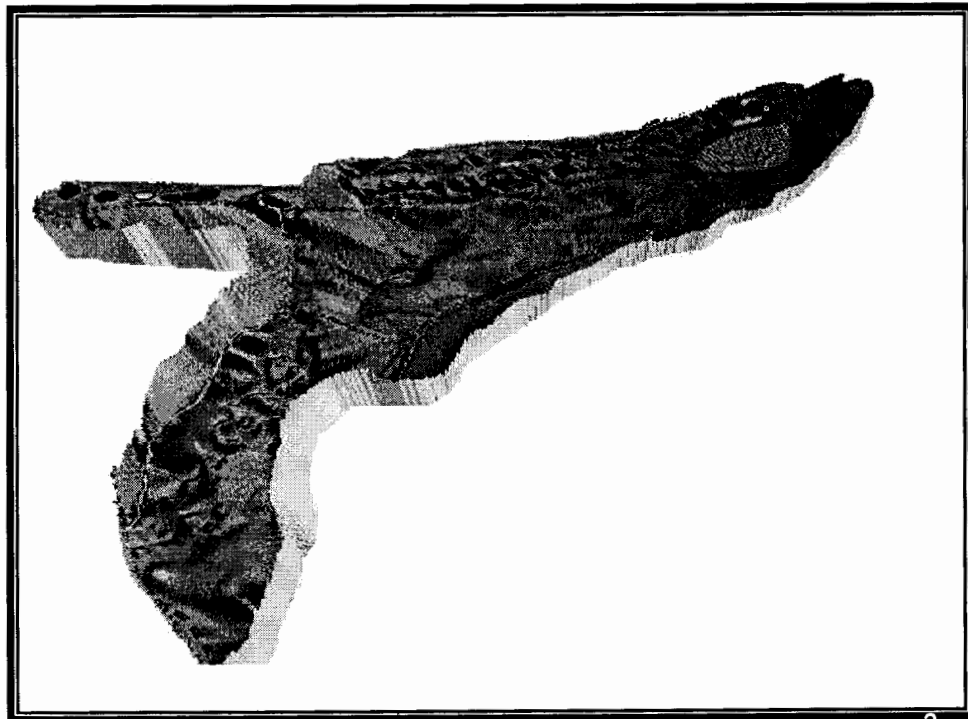
4.3 Paparan Model Tiga Dimensi

Paparan model tiga dimensi bagi seluruh kawasan kajian telah dihasilkan dengan menggunakan perisian *MapInfo* dan *Vertical Mapper*. Paparan model yang dihasilkan ini juga dapat memberikan gambaran topografi (DTM) padang golf dengan jelas. Dengan adanya paparan tiga dimensi ini jurukur dapat merancang kerja-kerja kejuruteraan dan sebagainya.

5.0 KESIMPULAN

AROF merupakan satu kaedah penentududukan GPS yang agak baru di negara kita. Justeru itu, pengguna GPS terutamanya jurukur memerlukan garis panduan yang dapat memberikan penjelasan terhadap kaedah pengukuran, keberkesanan dan juga samada boleh diterima pakai atau tidak. Sebagai kesimpulannya, berdasarkan kajian yang telah dijalankan didapati :

- i) Kaedah *AROF* boleh diterimapakai dalam ukur topografi kerana corak kontur yang dihasilkan adalah sama dengan kaedah konvensional.
- ii) Kaedah *AROF* dalam pengumpulan data *DTM* dapat membantu mempercepatkan kerja (menjimatkan masa) di lapangan berbanding dengan kaedah konvensional (total station).
- iii) Kaedah *AROF* juga dapat mengurangkan kos pelaksanaan sesuatu kerja kerana masa dan tenaga kerja berkadar terus dengan kos.
- iv) Kaedah *AROF* juga dapat mengurangkan tenaga kerja di lapangan.
- v) Paparan tiga dimensi model DTM juga dapat membantu jurukur atau jurutera dalam kerja-kerja topografi. Secara langsung jurukur atau jurutera dapat menghasilkan kontur, paparan model tiga dimensi dalam masa yang singkat.



Rajah 11 : Model Tiga Dimensi Kawasan Kajian

Beberapa cadangan untuk kajian yang selanjutnya adalah seperti berikut :

- i) Menjalankan kerja yang sama tetapi bagi satu kawasan yang lebih luas.
- ii) Kajian juga harus dilakukan di kawasan yang berbeza keadaan persekitarannya kerana ini boleh memberi kita gambaran sejauh mana kaedah *AROF* dapat berfungsi.
- iii) Menyediakan garis panduan mengenai kaedah *AROF* yang lengkap supaya jurukur dapat mengaplikasikan kaedah ini di Malaysia.

PENGHARGAAN

Penulis ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada pihak Syarikat Jurukur So Sun Sing yang telah membantu dalam pemilihan kawasan kajian dan sebagainya. Penghargaan ini juga ditujukan Encik Syed Omar, Encik Abdullah Hisham, Encik Zulkarnain Dollah, Encik Maszalan Selamat, Encik Ang Tune Hoe, Encik Tee Choon Seng dari makmal CGGS, Encik Nyon Yong Chik dari makmal CGIA dan Encik Ganesan serta Encik Bala dari makmal Remote Sensing kerana telah membantu di dalam kerja-kerja lapangan cerapan *AROF* dan pemprosesan data.

RUJUKAN

Abd. Majid A Kadir & Tan Say Kee (1996). *Penentududukan GPS (Monograf)*. Skudai : Fakulti Kejuruteraan & Sains Geoinformasi, Universiti Teknologi Malaysia.

Abd. Majid A Kadir & Tan Say Kee (1995). " Analisis Kaedah Kinematik GPS Dalam Penentududukan." Buletin Ukur ; Jilid 7, No:2 ; 113-124

Amberger, J. et al. (1992). " Positioning With GPS ." Mapping Awareness & GIS In Europe . Volume : 6 , No:7 ; 7-9.

Fraser, E. et al. (1993). "Ambiguity Resolution On The Fly (AROF); Results, Facts & Limitation." ION-GPS 93. 1059 – 1067

French, G T. (1996). *Understanding The GPS*. Woodmont Avenue, Bethesda : GeoResearch,Inc.

Hatch, R. (1990). " Instantaneous Ambignity Resolution." Schwarz, Lachapelle (eds), IAG Symposia .107.

Hatch, R. et.al, (1991). "Comparison of Several AROF Kinematic Techniques." ION-GPS 91, 363 – 370.

Northwood Geoscience Ltd. (1996). *Vertical Mapper For MapInfo*, Canada. User Manual

Rizos, C. (1996). *Principles and Practice of GPS Surveying (Course Notes)*. Australia : The University of New South Wales.

Tan Say Kee. (1995). *Analisis Kaedah Kinematik GPS dalam Penentududukan*. Tesis PSM, Universiti Teknologi Malaysia.

Wong Kok Siong. (1997). *Analisis Penentududukan dengan menggunakan kaedah Rapid Static GPS*. Projek Sarjana Muda, Universiti Teknologi Malaysia.

Z. Abidin, (1994). "On-The-Fly Ambiguity Resolution" GPS World, April ; 40 – 50.

Z. Abidin, (1994). " On The Effects Of The Number Of Satellites On On-The-Fly Ambiguity Resolution ." Buletin Ukur ; Jilid 7, No:1 ; 45 - 56.

Z. Abidin, (1993). *GPS Kinematic Positioning*. Seminar-Bengkel ISM , Hotel Concorde Kuala Lumpur.